

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы				
<b>Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин</b>				

УДК 614.8:005.334:622.24-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Савченко Екатерина Дмитриевна		07.06.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н		07.06.2021

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Жиронкин Сергей Александрович	д.э.н		20.05.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н		20.05.2021

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н.		07.06.2021

Томск – 2021 г.

**Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению  
20.03.01 Техносферная безопасность**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
20.03.01 Техносферная безопасность  
\_\_\_\_\_ А.Н. Вторушина  
04.02.2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Савченко Екатерине Дмитриевне

Тема работы:

Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№22-73/с от 22.01.2021г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Площадка проведения газоконденсатных исследований скважин на месторождениях, обслуживаемых «ИЦ ГазИнформПласт». Документация по ПБ от предприятия, открытые источники литературной и статистической информации.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Обзор литературных источников по методам проведения исследований скважин, возможным авариям и последствиям. Анализ статистических данных из открытых источников и документации предприятия. Составление вариационной модели развития ЧС на исследуемом объекте. Оценка вероятности возникновения ЧС методом экспертной оценки. Предложение инженерно-технических мероприятий направленных на предупреждение и локализацию ЧС.

<b>Перечень графического материала</b>	Рисунки, таблицы
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	04.02.2021 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н		04.02.2021 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Савченко Екатерина Дмитриевна		04.02.2021 г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
13.03.2021	Подбор литературы, проведение теоретического анализа, разработка раздела «Литературный обзор»	20
25.03.2021	Анализ опасностей на площадке проведения исследований	10
06.04.2021	Проведение оценки риска реализации ЧС экспертным методом	15
25.04.2021	Разработка мероприятий по повышению безопасности процедуры газоконденсатных исследований	15
10.05.2021	Подведение итогов и результатов проведенной работы	10
20.04.2021	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТНОСТЬ И РЕСУРСОБЪЕКТНОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Е71	Савченко Екатерине Дмитриевне

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

**Тема дипломной работы: «Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин»**

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в электронных ресурсах компании, результаты российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Изучение сегмента рынка -Анализ конкурентных технических решений -Технология QuaD -SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом
Перечень графического материала:	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ	
2. Сегментирование рынка	
3. Оценка конкурентоспособности технических решений	
4. Диаграмма FAST	
5. Матрица SWOT	
6. График проведения и бюджет НТИ	
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	
8. Потенциальные риски	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.02.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГН	Жиронкин С. А.	д.э.н		28.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Савченко Е. Д.		28.02.2021

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Е71	Савченко Екатерине Дмитриевне

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОКД</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

**Тема дипломной работы: «Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин»**

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место специалиста службы охраны труда в ООО ИЦ «ГазИнформПласт» при проведении процедуры оценки рисков.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная освещенность;</li> <li>• Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>• Шум, ПДУ; СКЗ; СИЗ;</li> <li>• Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения;</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов) и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2021 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Е71	Савченко Е. Д.		26.02.2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 83 страницы, 14 рисунков, 28 таблиц, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: опасный производственный объект, газоконденсатные исследования скважин, разгерметизация газосепаратора, анализ мероприятий по повышению безопасности.

Объектом исследования является площадка проведения газоконденсатных исследований.

Цель работы – провести оценку риска возникновения ЧС на объекте и предложить мероприятия по повышению безопасности.

В процессе исследования проводился анализ возможных потенциальных опасностей при проведении газоконденсатных исследований, которые могут приводить к реализации различных ЧС. Для более подробного рассмотрения был выбран сценарий с взрывом газосепаратора. На основании проведенного анализа причин и последствий реализации предлагаемого сценария были предложены мероприятия по снижению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и снижению тяжести их последствий.

В результате проведенного исследования были предложены мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности при проведении ГКИ.



## **ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ**

**ГВС** – газовоздушная смесь

**НТС** – низкотемпературная сепарация

**ГПЗ** – газоперерабатывающий завод

**ХО** – химически опасный

**МТСУ** – малая термостатируемая сепарационная установка

**ГРП** - гидравлический разрыв пласта

**ГНВП** – газонефтеводопроявление

**ГДИ** – газодинамические исследования

**КВД** – кривая восстановления давления

**КСДиД** – кривые стабилизации забойного давления и дебитов

**ГКИ** – газоконденсатные исследования

**УКПГ** – установка комплексной подготовки газа

**ПКИОС** – передвижной комплекс исследования и освоения скважин

**ЧС** – чрезвычайная ситуация

**АХОВ** – аварийно химически опасное вещество

**ГКС** – газоконденсатная смесь

**НГКМ** – нефтегазоконденсатное месторождение

**КИГ** – кинетические ингибиторы гидратообразования

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1. Литературный обзор .....	13
1.1 Промысловые исследования скважин .....	13
1.2 Характеристика сепараторов.....	18
1.3 Основные причины и факторы реализации чрезвычайных ситуаций при проведении ГКИ .....	22
2. Практическая часть .....	26
2.1 Анализ возможных опасных факторов при проведении ГКИ.....	26
2.2 Анализ методики «дерева неисправностей» причин возникновения наиболее типичных ЧС .....	28
2.3 Экспертная оценка факторов, приводящих к взрыву газосепаратора ....	34
3. Результаты и их обсуждение.....	39
3.1 Оценка риска последствий при реализации ЧС на площадке ГКИ .....	39
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	43
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	43
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	43
4.1.2 SWOT-анализ .....	45
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	48
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	48
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	49
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	49
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	52
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	55
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	55
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	56
4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	58
4.4.4 Накладные расходы.....	59
4.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	60
5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	60

5. Социальная ответственность .....	63
5.1. Производственная безопасность.....	63
5.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении .....	63
5.1.2. Превышение уровней шума .....	65
5.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	65
5.1.4. Поражение электрическим током.....	67
5.1.5 Пожарная опасность.....	69
5.2 Экологическая безопасность.....	71
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
Заключение .....	75
Список литературы .....	77
Приложение 1 .....	81

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях ускоренных темпов развития нефтегазовой промышленности, рост проводимых газодинамических и газоконденсатных исследований скважин увеличивается пропорционально увеличению объема производства. В свою очередь, это неизбежно приводит к росту количества применяемых технологий и оборудования. Поскольку исследования на НГКМ с использованием оборудования под давлением, на высоких мощностях и высоких температурах, существует возможность развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного масштаба и, как следствие, нанесение ущерба жизни и здоровью людей.

Исследовательский центр «ГазИнформПласт», входящий в группу компаний «ООО Ойлтим», при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований на эксплуатируемых месторождениях применяет сепаратор высокого давления без выпуска газа в атмосферу. Оценка вероятности возникновения аварий на объекте, с использованием оборудования для исследований, поможет определить слабые места производственного процесса и провести ряд организационных и технических мероприятий с целью повышения безопасности выполнения работ.

Целью работы является оценка риска возникновения ЧС на объекте нефтегазодобычи при проведении ГКИ.

Задачи:

1. Анализ технологий проведения промысловых исследований с использованием различных сепарационных установок.
2. Выявление основных причин и факторов, приводящих к реализации ЧС при проведении ГКИ с использованием сепаратора высокого давления и предложение вероятностной схемы развития ЧС для рассматриваемого объекта.
3. Разработка рекомендаций по снижению вероятности реализации ЧС и минимизации ущерба при развитии ЧС.

# **1.ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

## **1.1 Промысловые исследования скважин**

Для осуществления контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений, а также мониторингом за эксплуатируемыми скважинами с установленной периодичностью проводят комплекс промысловых исследований в скважинах, расположенных в пределах рабочей залежи. Исследования скважин проводятся на нефтяных, газовых и/ или газоконденсатных скважинах, переливающих нефтяных и гидрогеологических объектах, с целью решения следующих задач:

- контроль работоспособности скважины и оценки работы отдельных элементов оборудования;
- контроль за выработкой пластов в период эксплуатации скважины;
- оценка продукции, находящейся в стволе работающей скважины;
- контроль положения элементов конструкции и скважины в целом.

Техническое состояние скважин оценивается на всех этапах их работы: бурения, перед вводом в эксплуатацию и в ее процессе.

К основным видам промысловых работ относятся:

- гидродинамические исследования;
- газоконденсатные исследования;
- газодинамические исследования;
- замер газового фактора;
- проведение антигидратных мероприятий в процессе исследования.

Для проведения контроля технологических параметров эксплуатационных скважин, рассматривают следующие результаты исследований скважин:

- забойное давление (оценка и замер);
- дебит продукции скважины;
- приемистость;
- динамометрирование.

Существует два основных типа промысловых исследований на объектах нефтегазодобычи: газодинамические и газоконденсатные исследования.

Основной целью газодинамических исследований является анализ забойного или пластового давления в середине ствола выработки.

На данный момент существует несколько методов для проведения газоконденсатных исследований скважин с минимальной погрешностью [1]:

1. Определение забойного давления используется для проведения исследований на эксплуатационных скважинах. Результаты дают возможность оценить возможности будущей эксплуатации объектов. Универсальное оборудование: эпюр, датчик скорости, показатель расположения и специализированный глубинный градусник. В результатах информация о величине натиска внутри выработки и показатели температуры.

2. Измерение пластового давления. Данный метод используется так же на эксплуатационных объектах. Измерения, проводимые с установленной периодичностью, отражают информацию о качестве работ при разработке скважины. Главная задача исследований заключается в определении качественного, геологического и геофизического состояния первого вскрытого пласта на выбранном месторождении.

3. Комплексное изучение скважин проводится в промысловых или лабораторных условиях. Основные показатели, которые можно получить в итоге – это скин-фактор и параметры какого-либо определенного пласта месторождения.

ГДИ подразделяются на стационарные (характеристики потока не меняются с течением времени) и нестационарные (характеристики потока изменяются со временем) режимы фильтрации.

Стационарный режим фильтрации характеризуется дополнительным поступлением воды в пласт до полной компенсации дебита.

При стационарных режимах фильтрации проводятся следующие виды работ:

- определение зависимости дебита от дисперсии, а также влияние свойства на пласт;
- определение уровня загрязнения, разрушения призабойной зоны и близлежащих территорий;
- с учетом конструкторских характеристик скважины определяется распределение давления и температур стволе скважины;
- оценка технологического режима работы скважин;
- оценка возможностей скважины, учитывая дебит.

Исследования газовых скважин на нестационарных режимах фильтрации проводится в полевых и лабораторных условиях и включают в себя:

- снятие кривых восстановления давления (КВД);
- снятие кривых стабилизации давления и дебита (КСДиД);
- гидропрослушивание.

Исследования на газоконденсатность (ГКИ) необходимы для оценки параметров и показателей, необходимых при оценке запаса газа и его конденсата на эксплуатирующихся месторождениях. Так же ГКИ осуществляется для проектирования месторождений и их обустройства, сепарации газоконденсатной смеси для лабораторных исследований и контроля за режимами работы месторождения.

Газоконденсаты – природная система взаиморастворенных газообразных и легкокипящих жидких нефтяных углеводородов,

находящихся в термодинамических условиях земных недр в газообразном или парообразном фазовом состоянии. При снижении пластового давления и температуры из системы «газоконденсат» выпадает жидкая фаза - конденсат. [1]

При испытании газоконденсатных скважин необходимо проводить разделение двухфазного потока, выходящего из скважины (газ + жидкость) с тем, чтобы определить дебит газа, конденсата и воды. Газоконденсатная смесь, поступающая из скважины, попадает в сепаратор, перед которым устанавливается штуцерная колодка со штуцером. Принцип работы нефтегазового и/или трехфазного сепаратора заключается в фракционном разделении газа и его конденсата с помощью гравитационной силы. Так, газ поднимается вверх и далее на замерное устройство и трубопровод, а конденсат, ввиду тяжести, осаждается на дне сепаратора и далее поступает на замерный пункт и в сборочный резервуар.

Исследования проводятся при помощи различных сепараторов по типу:

- промысловых;
- контрольных сепараторов (выполняющих функцию 1-ой ступени сепарации), комплект УКПГ;
- малых (термостатируемых) сепарационных установок;
- передвижных комплексов исследований скважин (ПКИОС).

Основная опасность, связанная с эксплуатацией нефтегазовых сепараторов, заключается в их разгерметизации, с попутным истечением газа и возможной реализацией взрыва газовой смеси.

За последнее десятилетие, аварии на нефтегазоконденсатных месторождениях в основном связаны с разгерметизацией сепараторов высокого и низкого давления и последующей реализацией взрыва газовой смеси.

Так, на территории РФ произошло несколько крупных ЧС при проведении газоконденсатных работ: в Свердловске, в Ханты-Мансийске, в



Ямбурге. Причинами взрывов газоконденсатной смеси послужила разгерметизация емкостного оборудования вследствие неправильной эксплуатации.

В Ямбурге причиной взрыва послужил заряд статического электричества внутри сепаратора высокого давления при проведении замеров газа после сепарации. В результате взрыва на территории предприятия, произошло возгорание конденсата и повреждение материального имущества объекта, гибель сотрудников и загрязнение атмосферы газом. [2]

В Ханты-Мансийске произошла разгерметизация оборудования (хранилища газового конденсата) и пролив в Обь более 100 тонн продукта с последующим возгоранием. [3]

В Свердловске произошел взрыв ГВС вследствие превышения мощностей при эксплуатации сепарационного оборудования. Превышение рабочих мощностей привело к образованию свища и последующему скоплению газа в помещении. При совокупности факторов рабочей среды произошел взрыв ГВС с разрушением помещения и гибели сотрудников. [4]

Исходя из анализа производственного процесса, а также статистических отчетов предприятий, возникновение аварийных ситуаций зависит от наличия конкретных факторов риска на площадке исследований. Сводные данные по авариям на газоконденсатных месторождениях представлены в таблице 1 [5].

*Таблица 1 - Описание частот реализации опасных событий при ГКИ*

<b>Фактор</b>	<b>Опасное событие</b>	<b>Частота, год<sup>-1</sup></b>	<b>Последствия</b>
Разгерметизация емкостного оборудования, запорной арматуры, фланцевых соединений	Выброс газа и/или разлив горючей жидкости	$1,5 \times 10^{-4}$	Негативное воздействие на объекты окружающей среды и здоровье работников.
	Образование облака ТВС/ГВС	$2 \times 10^{-4}$	Негативное воздействие на объекты окружающей среды и здоровье работников.
	Реализация взрыва облака	$9,8 \times 10^{-4}$	Загрязнение объектов окружающей среды, воздействие ударной волны на

	ТВС/ГВС		персонал и сооружения, поражающее воздействие разлетающихся частей оборудования, негативное воздействие продуктов горения на жизнь/здоровье человека, воздействие теплового излучения.
	Горение разлива горючей жидкости	$5,6 \times 10^{-4}$	Негативное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания ТВС/ГВС, термическое воздействие на работников.
	Пожар-вспышка ГВС	$5,6 \times 10^{-4}$	Негативное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания ТВС/ГВС, термическое воздействие на работников.

## 1.2 Характеристика сепараторов

При проведении промышленных исследований обычно используются следующие виды сепараторов.

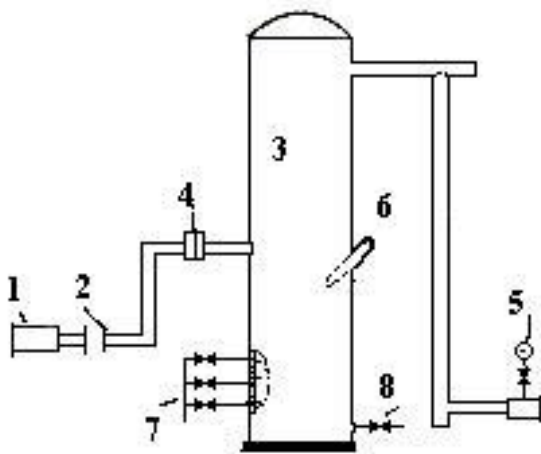
### 1. Исследовательский сепаратор.

Для работы на сепараторе необходимо соблюдение требований: [6]

- запрещено превышать рабочую нагрузку на 50% мощности, которая указана в паспорте установки;
- расстояние от устройства до устья скважины должно быть более 60 м.;
- при проведении обвязки скважины запрещены любого вида огневые работы;
- установка предохранительной мембраны осуществляется на входе в сепаратор;
- при превышении 10% от рабочего давления предохранительная мембрана должна мгновенно реагировать;

- отбор сырого конденсата из сепаратора осуществляется с помощью замерных кранов, установленных на различных уровнях по вертикали в стенке сепаратора.

Схема обвязки исследовательского оборудования при проведении одноступенчатой сепарации природного газа представлена на рисунке 1. [7]

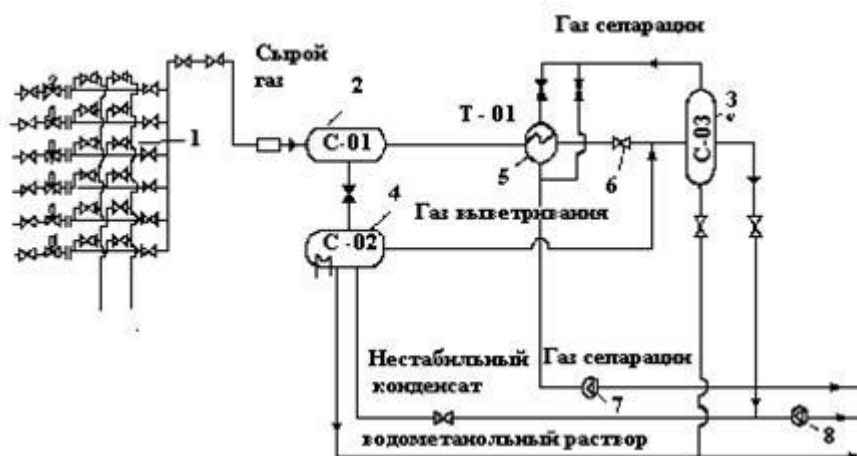


**Рис. 1 - принципиальная схема обвязки сепаратора со скважиной при одноступенчатой сепарации природного газа:**

**1 – устье скважины; 2 – соединительная линия; 3 – сепаратор; 4 – штуцер; 5 – замерное устройство; 6 – карман под термометр; 7 – краны; 8 – вентиль**

Рассмотрим схему исследования скважины с использованием системы низкотемпературной сепарации на УКПГ (рисунок 2).

Поток газа из блока входных линий 1 поступает в сепаратор первой ступени С-01 с давлением, где происходит первичное разделение смеси на газ и жидкость, причём последняя направляется на трехфазный разделитель С-03, где осуществляется частичная дегазация за счёт снижения давления до величины, превышающей давление сепарации во второй ступени на 0,2 – 0,3 МПа и разделение жидкости на газовый конденсат и водоингибиторную смесь. Из сепаратора С-01 газ поступает в теплообменник Т-01, в котором он охлаждается потоком газа из сепаратора второй ступени С – 02. Полученный нестабильный конденсат из разделителя С-03 и сепаратора с-02 смешивается в один поток и отправляется на газоперерабатывающий завод.



**Рис. 2 - Схема исследования скважин на газоконденсатность с использованием системы НТС на УКПГ:**

**1 - блок входных от скважин линий; 2 – сепаратор I-ой ступени, 3 – сепаратор II – ой ступени; 4 - трехфазные разделитель; 5 - теплообменник; 6 - дросселирующая задвижка; 7, 8- регуляторы давления на линиях газа и конденсата, направляемых на ГПЗ**

Рассмотрим конструктивные особенности малогабаритных установок "Конденсат – 2" и НТ-ПКП-8. Методика исследования скважин на газоконденсатность разработанная ВНИИГАЗом требует разделения на фазы всего потока в промышленных сепараторах после одно-, двухдневной продувки скважины, с целью стабилизации выноса жидкости с забоя скважины, что позволяет избежать неравномерности распределения фаз по сечению трубы.

Известно, что для снятия кривых изотерм или изобар нестандартных сепараторов, или контрольных сепараторов УКПГ подключают малые термостатирующие установки, которые позволяют снять изотермы конденсации в широком диапазоне изменения температур. В качестве малых термостатирующих установок при исследовании на газоконденсатность используются приборы "Конденсат – 2" и НТ-ПКП-8.

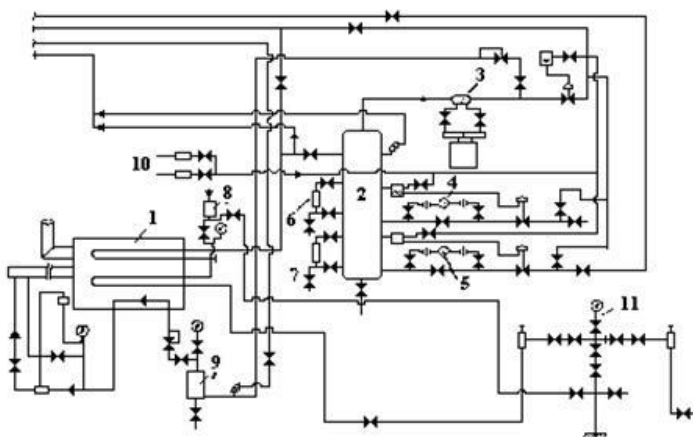
Установка "Конденсат - 2" предназначена для определения количества конденсата в природном и попутном газе при различных термобарических условиях. Принципиально она является малой установкой НТС, и её принципиальная схема приведена на рисунке 3.



Принципиальная схема установки приведена на рисунке 5. Установка типа "Порта-Тест" включает в себя: подогреватель, сепаратор, измеритель расходов, давлений и температур.

Газоконденсатная смесь из скважины направляется в подогреватель 1, в котором нагревается до температуры предусмотренной программой исследований скважины.

На регулируемом штуцере давление понижается до рабочего, но не более чем 10 МПа. После чего газожидкостная смесь поступает в сепаратор 2 для дальнейшего отделения жидкой фазы от газовой фазы. Находящийся в нижней части сепаратора жидкостной накопитель позволяет осуществить разделение водометанольной смеси и газового конденсата друг от друга за счёт разности плотностей.



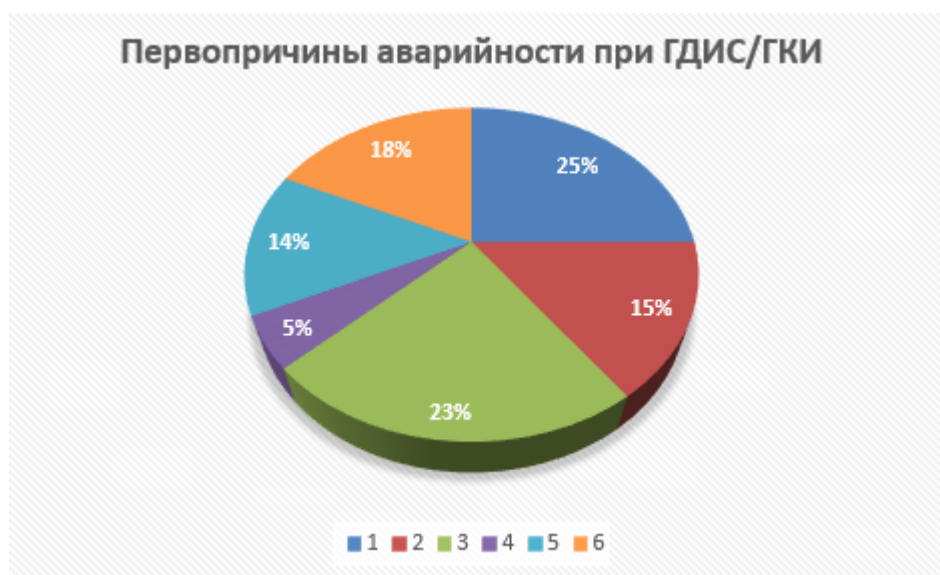
**Рис. 5 - Технологическая схема установки "Порта-Тест" 1 - подогреватель; 2 - сепаратор; 3-5 - расходомеры: 3 - для газа, 4,5 - для конденсата и воды; 6,7 - уровнемерные трубки для конденсата и воды; 5 - ёмкость для метанола; 9 - скруббер; 10 - компрессоры для воздуха; 11 – скважина**

### **1.3 Основные причины и факторы реализации чрезвычайных ситуаций при проведении ГКИ**

Процесс проведения исследований является сложным и длительным, с учетом множества влияющих факторов. Сбой работы, поломка оборудования и множество подобных происшествий может случиться на каждой стадии проведения ГКИ.

Исходя из анализа литературных и статистических данных, можно выделить ряд первопричин, способствующих реализации аварии при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин:

1. Износ эксплуатируемого оборудования;
2. Брак при изготовлении оборудования;
3. Ошибки при сборке/монтаже оборудования;
4. Воздействие агрессивной среды;
5. Конструкция скважины;
6. Геолого-технические условия скважины. [8]



**Рис. 6 – Диаграмма первопричин аварий при проведении газодинамических и газоконденсатных исследований скважин**

Как видно из представленных данных, к возникновению аварийных ситуаций в большей степени приводит износ оборудования (его деталей и/или технического устройства в целом), брак при его изготовлении и сборке/монтаже. На эти причины приходится больше половины аварий от их общего числа.

Износ оборудования (преждевременный) происходит из-за несоблюдения регламентированных норм и правил эксплуатации, работы при повышенных мощностях оборудования, непрерывной работы. Так же механический износ может произойти ввиду некорректного обслуживания и ремонтных работ, что является следствием некомпетентности

обслуживающего персонала, экономии на вспомогательных материалах и откладыванием срока ремонтных работ. В тех условиях, в которых обычно эксплуатируются скважины, необходимо тщательное соблюдение технических инструкций для используемого оборудования, поскольку велико влияние окружающей среды (погодных условий и воздействие агрессивной среды), что приводит к деградации физического состояния технических устройств.

Некомпетентность рабочего персонала может и чаще всего является причиной некачественной сборки и монтажа оборудования, а также производственного брака.

С наибольшей частотой и вероятностью происходят аварии, связанные с разгерметизацией технологического оборудования и выбросом опасных/вредных веществ в окружающую среду. К разгерметизации емкости газового сепаратора высокого давления могут приводить следующие факторы:

- физический износ (включающий в себя коррозию металла, а также наличие дефектов, игнорируемых при внутреннем осмотре);
- давление в емкости значительно выше нормы;
- воздействие природных условий (ЧС природного характера);
- преднамеренные/непреднамеренные (ошибочные) действия персонала;
- разгерметизация запорной арматуры и фланцевых соединений.

Такие аварии влекут за собой риск дальнейшего развития аварийной ситуации:

Образование ХО облака и его распространение - наиболее распространенный сценарий.

Реализация данного сценария возможна, исходя из имеющихся на производственной площадке опасных веществ таких, как природный газ, газовый конденсат и метанол. Пары углеводородов метанового ряда не ядовиты, но обладают удушающими свойствами. Снижение содержания



воздуха в помещении в результате повышения концентрации газа (метана) до уровня не ниже 16 % переносится без заметного действия, до 14 % приводит к легкому физиологическому расстройству, до 12 % вызывает тяжелое физиологическое действие, до 10 % смертельно опасное удушье. При вдыхании воздуха с 10 % содержанием пропана или бутана в течении 2 минут появляется головокружение. Метанол – оказывает сильное наркотическое воздействие, действует на центральную нервную систему. При приеме внутрь вызывает слепоту и смерть.

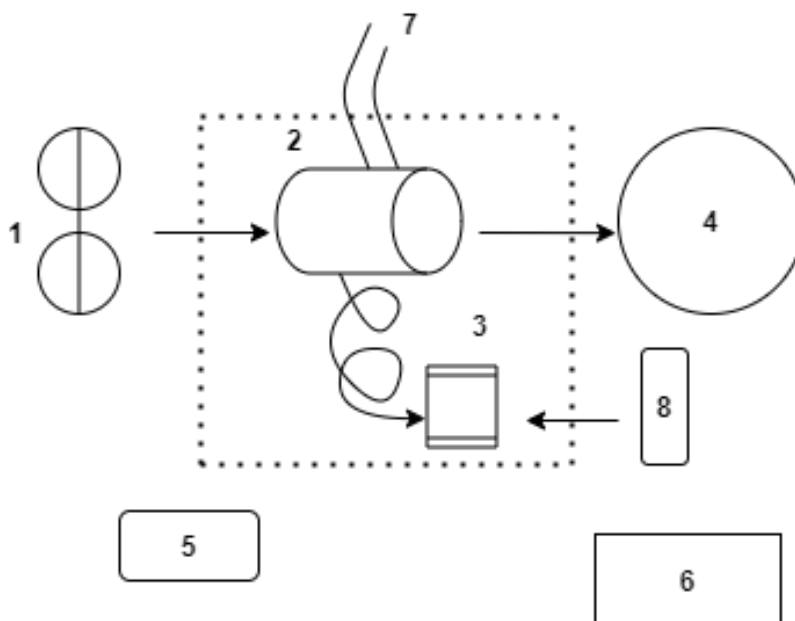
При диффузионном или турбулентном смешении данных веществ с воздухом может произойти образование пожароопасных концентраций с последующим воспламенением. Класс опасности природного газа – 4, при его содержании в воздухе помещения от 4,5 до 15 % образуется взрывоопасная концентрация, которая при наличии источника огня взрывается. [9]

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Анализ возможных опасных факторов при проведении ГКИ

Для анализа возможных опасных факторов необходимо разбить процесс проведения газоконденсатных исследований скважин с использованием нефтегазового сепаратора (большой сепарационной установки) и малой термостатируемой сепарационной установки на стадии.

Схема принципиальной обвязки последовательной сепарационной установки и промышленного оборудования технологической линии (двухступенчатая сепарация газа) на объектах «ГазИнформПласт» выглядит следующим образом (рисунок 7): [10]



**Рис. 7 – Схема технологической площадки проведения ГКИ: 1 – выход газа со скважины на групповой пункт через манифольд; 2 – нефтегазовый сепаратор (горизонтальный), 3 – МТСУ, 4 – пункт сбора конденсата в промышленный резервуар, 5 - дизель-электростанция с емкостью хранения топлива, 6 – операторная**

На первой стадии происходит поступление продукции из устья скважины через манифольд на соединительные линии и далее на первую ступень сепарации. В нефтегазовом сепараторе происходит отделение конденсата от газа за счет центробежной силы. Газ из сепаратора поступает на замерное устройство, с которого передаются данные и основная часть газа

поступает в газопровод, а конденсат замеряется в самом сепараторе и далее сливается в промышленный резервуар. [11]

Для осуществления второй ступени сепарации МТСУ присоединяется к отводящей трубе ПКИОС с помощью регулируемого вентиля. Поскольку МТСУ предусматривает низкотемпературную сепарацию, то при помощи газа высокого давления происходит охлаждения теплого газа и самого сепаратора. Газ из нефтегазового сепаратора (менее 1%) направляется через вентиль в малую установку, где также происходит отделение газа и конденсата, стекающего в нижнюю часть установки. В свою очередь газ поступает на счетчик газа.

Холодильная установка начинает работать, когда охлаждение газом высокого давления не обеспечивает оптимальной температуры. Тогда газ, поступающий в сепаратор, сперва проходит через холодильник. И происходят последовательные замеры при температурах -10, +5, +20.

Блок ингибирования в сепараторе предусмотрен в качестве предотвращения процесса гидратообразования, коррозии и солеотложения. [12] Вещество вводится после первой ступени сепарации под избыточным давлением, равным разности давлений скважины, с которой соединен метанольный бачок, и давлением скважин, в которые вводится метанол, что составляет около 30 - 50 кгс/см<sup>2</sup>.

Исходя из технологического процесса исследований скважин на газоконденсатность, можно выделить следующие опасные виды работ:

- проведение сливноналивных операций в резервуарных парках и автоналивных эстакадах;
- работы в емкостях, аппаратах и колодцах;
- установка и снятие заглушек;
- работы, при условиях повышенных/пониженных температур.

Данные виды работ являются опасными, т.к. оборудование для исследования скважин относится к категории взрывоопасных.

Исходя из ГОСТ 12.0.003-74 наиболее вероятные факторы, приводящие к ЧС [13]:

1. утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу;
2. повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны;
3. статическое электричество;
4. электрическая дуга и металлические искры при сварке.

Наиболее опасной аварийной ситуацией, возникающей при совокупности нескольких видов опасных/вредных факторов будет являться взрыв газоконденсатной смеси. Основная причина реализации взрыва – наличие источника зажигания (искры), свойств вещества, конструктивных особенностей резервуара, наличия взрывоопасных концентраций внутри и характеристика среды.

Кроме реализации взрыва, при промышленных исследованиях опасность представляет горение газа. При аварийных выбросах газа за счет искры от трения твердых частичек о металл может начаться горение струи газа.

Причинами утечек с последующим развитием ЧС могут быть ненадлежащая установка/эксплуатация газового оборудования, а именно:

- использование б/у компонентов;
- низкое качество деталей;
- установка сосудов с вышедшим сроком годности;
- несвоевременное переосвидетельствование емкости;
- нарушение сроков технического обслуживания;
- эксплуатация оборудования на мощностях, превышающих регламентированные;
- эксплуатация оборудования, находящегося в аварийном состоянии. [14]

## **2.2 Моделирование сценариев развития ЧС при помощи метода «дерева неисправностей»**

Для проведения качественной оценки риска используется создание вероятностной модели развития события при помощи метода «дерева неисправностей». [15]

Одной из наиболее вероятных причин реализации ЧС на месторождении является разгерметизация технологического оборудования, что приводит к развитию следующих возможных сценариев:

- разгерметизация емкостного оборудования – истечение природного газа в атмосферу – образование опасного облака газа, не превышающих пожаро-взрывоопасную концентрацию;
- разгерметизация емкостного оборудования – истечение природного газа в атмосферу – наличие источника зажигания - образование факельного горения на месте утечки;
- разгерметизация емкостного оборудования – выброс природного газа – образование взрывоопасных концентраций – взрыв.

Далее в работе был рассмотрен сценарий, реализация которого приводит к наибольшему ущербу – взрыв газосепаратора высокого давления.

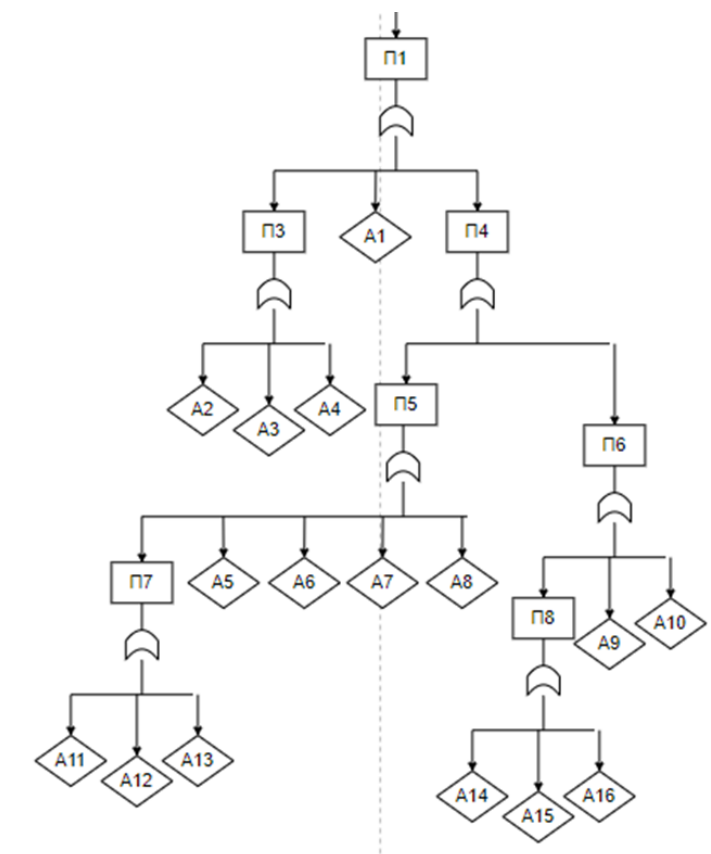
*Таблица 2 – основные факторы, приводящие к взрыву газового сепаратора*

ЧС	Взрыв
П1	Факторы внешнего воздействия
П2	Неисправности эксплуатируемой установки
П3	Природные факторы
П4	Техногенные факторы
А1	Диверсия и террористические акты
П5	Возможные аварии на месторождении
П6	Возможные аварии на площадке проведения ГКИ
А2	Молнии
А3	Сейсмическая активность
А4	Ураганы
П7	Пожар
А5	Транспортные происшествия
А6	Выброс углеводородов при бурении
А7	Рассоединение обсадной колонны при ГРП
А8	Аварии на газовых котельных
П8	Аварии при эксплуатации метанольной установки
А9	Разгерметизация продуктопровода
А10	Выход из строя манифольда

A11	Воспламенение разлива/истечения нефтепродуктов из оборудования
A12	ГНВП
A13	Пожар на складах с АХОВ
A14	Взрыв газовоздушной смеси
A15	Факельное воспламенение утечки
A16	Образование ХО облака метанола
П9	Повышение допустимого уровня давления в спараторе
П10	Разгерметизация установки и ее деталей
П11	Неконтролируемое поступление ГКС
A17	Неисправности задвижки входного потока
A18	Отключение уровнемера 1-ой и 2-ой ступени сепарации
A19	Ошибка оператора при принятии решения
A20	Ошибка оператора при закрытии входной задвижки
A21	Отказ предохранительного клапана
П12	Повышение температуры при сепарации газа
A22	Ошибки оператора при определений показателей с термодатчика
A23	Отказ автоматической системы оповещения
A24	Несрабатывание температурного клапана
A25	Выход из строя термодатчика
П13	Прекращение оттока газа из сепаратора
A26	Закрытая задвижка выходного клапана
A27	Выход из строя манометра
П14	Ошибка при ВИК
A28	Ошибки вследствие низкой квалификации персонала
A29	Преднамеренные ошибки при диагностировании дефекта
П15	Эксплуатационный износ оборудования
П18	Образование кристаллогидратов
A30	Коррозия
A31	Образование трещин и вмятин на внутренней стороне корпуса
П16	Ошибки, допущенные при изготовлении оборудования
A32	Некачественная сварка
A33	Использование не коррозионностойкой стали
A34	Использование некачественных материалов
П17	Нарушения технологического процесса ГКИ
A35	Воздействие кавитации на стенки сепаратора
A36	Неисправности насосного оборудования
A37	Дефекты при производстве фланцевых соединений
A38	Попадание примесей в места сопряжения деталей
A39	Ошибки при несвоевременном закрытии/открытии запорной арматуры
A40	Эксплуатация оборудования выше рекомендуемых мощностей
A41	Отсутствие продувки скважины перед пуском на первую ступень сепарации
A42	Ошибки при монтаже предохранительного клапана на входе в сепаратор
A43	Повышение давления
A44	Понижение температуры
A45	Отсутствие ингибитора

Все причины взрыва емкости газосепаратора высокого давления можно разделить на 2 вида:

1. Факторы внешнего воздействия.



**Рис. 8 – Ветвь дерева П1 «Факторы внешнего воздействия»**

В них входят ЧС, вызванные природными факторами и ЧС, которые могут произойти при эксплуатации месторождения в целом.

К природным ЧС, оказывающим негативное воздействие на оборудование для ГКИ можно отнести ураганы, молнии и тектоническое движение плит.

Поскольку сепаратор является не стационарным, а мобильным (технологический блок смонтирован на базе трейлера [16]), то при резких порывах воздушных масс возможно падение технологического блока газосепаратора, что приведет к его механическому разрушению.

Удар молнии в оборудование, расположенное на месторождении или в сети электроснабжения способен вывести из строя наиболее важные части установок, что в последствии повлечет взрыв (в особенности оборудование, находящееся под давлением, работающее при высоких температурах, хранилища нефти и газа и т.д.)

Преднамеренное причинение ущерба материальным ценностям характеризуется как диверсия или акт терроризма. Подобные ситуации происходят непредсказуемо и могут привести к серьезным последствиям и большому количеству жертв.

Наибольшее влияние на сохранность сепарационной установки оказывают аварии на площадке проведения исследований, поскольку расстояние между объектами незначительно. К таким относятся: неисправности блока манифольда, аварии на метанольной установке и разгерметизация продуктопровода от скважины.

Избыточное давление, открытое пламя и разлетающиеся части оборудования, вследствие реализации подобных аварийных ситуаций, способны нанести механические повреждения корпусу сепаратора и спровоцировать цепную реакцию взрывов.

## 2. Неисправности сепарационной установки

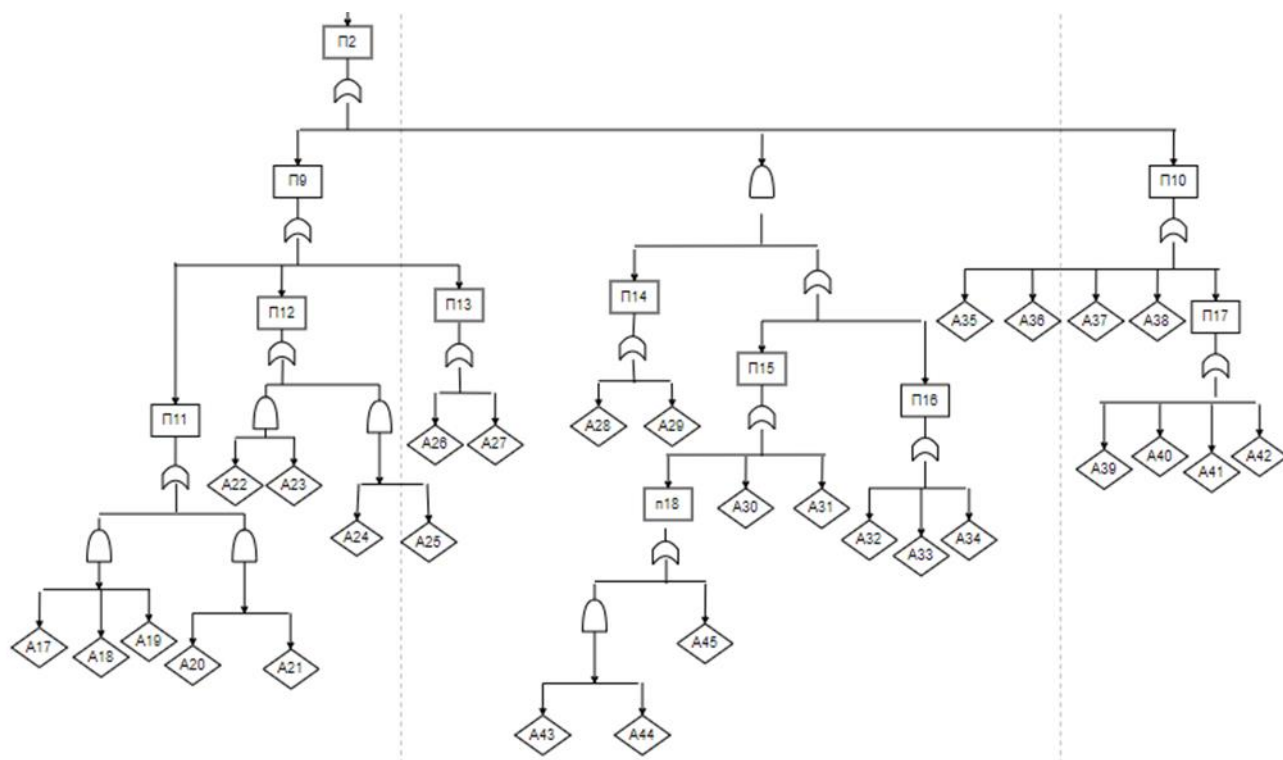


Рис. 9 – Ветвь дерева П2 «Неисправности сепарационной установки»

Помимо внешних причин, приводящих к повреждениям корпуса сепаратора, существуют такие внутренние причины (как отказы деталей, оборудования) и ошибки персонала при проведении ГКИ.



К реализации взрыва может привести превышение давления в процессе сепарации газоконденсатной смеси. Превышение давления возможно из-за неконтролируемого поступления ГКС в емкость сепаратора и прекращения оттока газа после сепарации. Данный вариант развития событий возможен при выполнении одного из двух условий: отказ контрольно-измерительных приборов (уровнемер/манометр) и ошибка оператора при закрытии задвижки входного/выходного потока газовой смеси; поломка задвижки и отказ предохранительного клапана на входе в сепаратор.

Превышение температуры внутри установки происходит при нагревании газа на второй ступени сепарации, перед выпуском в сборный пункт и при отключении термодатчиков.

Разгерметизация в сопровождении со взрывом может быть результатом физического износа корпуса оборудования в процессе эксплуатации или при допущении дефектов при изготовлении. Например, образование кристаллогидратов на стенках сепаратора является следствием некорректной работы ингибитора (или его полное отсутствие) в течении длительного времени, а также низкотемпературная сепарация, давление и погодные условия.

К эксплуатационному износу оборудования приводит коррозия металла, вызванная высокой коррозионной активностью газоконденсатной смеси [17], неправильный выбор металла и ошибки при проведении ВИК (это не ошибка?).

Разгерметизация деталей устройства сепаратора (задвижек, фланцевых соединений, запорной арматуры) выходят из строя при наличии заводских дефектов, а также ввиду особенностей технологического процесса.

Абразивные частицы в ГКС попадают в сепаратор при пропуске стадии продувки скважины, тем самым забиваются в места соединений деталей, вызывают микротрещины. [18] Кавитационные пузырьки лопаются

возле стенок газового сепаратора и в местах соединений деталей с оборудованием, вызывая дефекты. [19]

На рисунке 10 представлена полная схема дерева неисправностей.

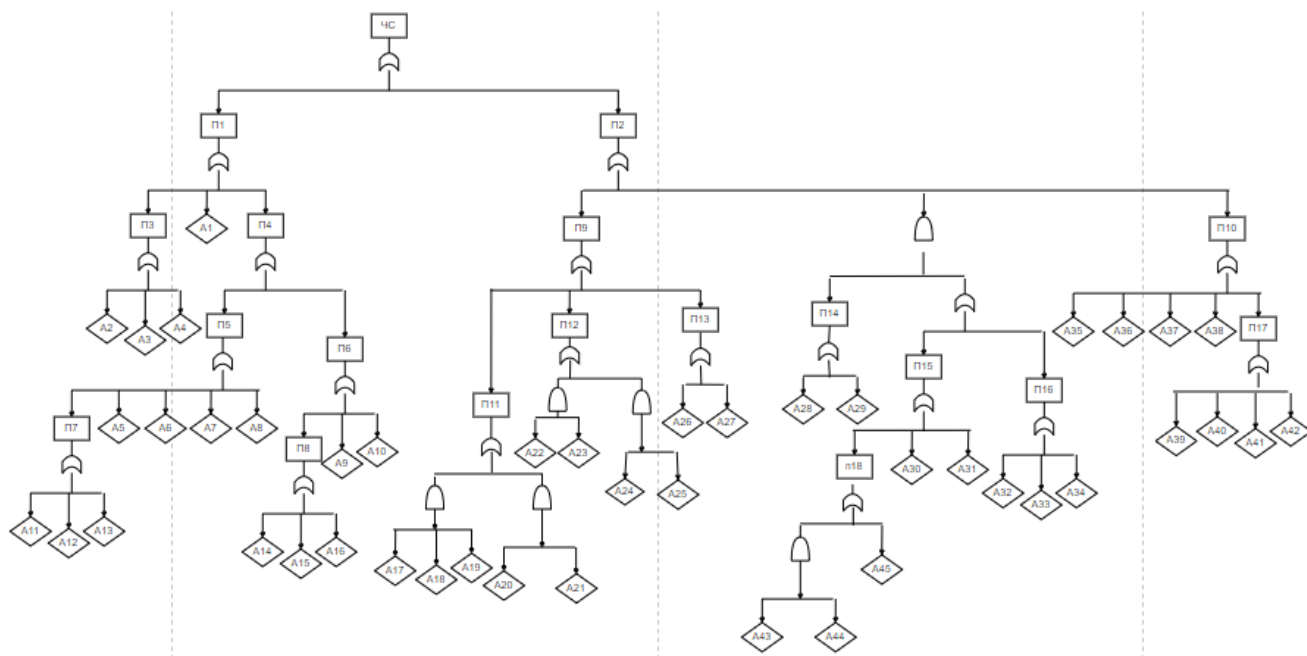


Рис. 10 – Дерево неисправностей сепаратора высокого давления

### 2.3 Экспертная оценка факторов, приводящих к взрыву газосепаратора

Для проведения оценки риска было решено рассмотреть одну из ветвей дерева неисправностей.

Оценка вероятности реализации выявленных факторов, приводящих к ЧС, проводилась экспертным методом. [20]

В качестве экспертов было выбрано 10 специалистов в области проведения газоконденсатных исследований, они оценили влияние предложенных факторов на реализацию взрыва сепаратора.

Для оценки экспертам была предложена следующая бальная система:

Таблица 3 – Бальная система для опросных листов экспертной оценки

Балл	Вероятность наступления
1	очень низкая, скорее всего не произойдет (1 - 20% )
2	низкая, маловероятно, что произойдет (21 - 40%)

3	средняя, вероятно, что произойдет (41 - 60%)
4	высокая, скорее всего, что произойдет (61 - 80%)
5	очень высокая, произойдет раньше, чем ожидается (≥80%)

Сводная таблица обработки опросных листов экспертами представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Сводная таблица оценок экспертов по опросному листу

№	Событие/фактор	Номер эксперта										ср
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Взрыв газосепаратора вследствие нарушения технологического процесса ГКИ	5	3	2	3	4	3	4	4	3	3	3.4
2	Взрыв газосепаратора вследствие превышения температуры сепарации газа	2	2	1	2	1	3	2	1	2	1	1.7
3	Взрыв газосепаратора в результате ошибки ВИК (при наличии трещин, вмятин, дефектов и гидратов)	4	2	3	3	3	2	4	3	3	3	3
4	Взрыв газосепаратора в результате износа при попадании примесей в места сопряжения деталей	3	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2.5
5	Взрыв газосепаратора вследствие дефектов фланцевых соединений	5	3	3	2	4	3	2	3	3	3	3,1
6	Взрыв газосепаратора в результате неисправностей насосного оборудования	2	1	3	2	3	2	1	2	1	2	1.9
7	Взрыв газосепаратора в результате неконтролируемого потока газовой смеси	1	2	3	1	1	1	1	2	1	3	1.6

Далее необходимо провести ранжирование полученных экспертных оценок и оценить согласованность мнений экспертов.

Все дальнейшие расчеты проводились в программе STATISTICA.

Для ранжирования данных в программе была выбрана функция «Rank». Присвоение определенного ранга значению осуществляется на основании значимости в общей группе чисел. Наибольшим значениям

факторов, оказывающих влияние на реализацию ЧС, был присвоен больший ранг, а наименее значимым – меньший.

*Таблица 5 - Ранжирование значений по итогам экспертной оценки*

Номер эксперта	Событие						
	1	2	3	4	5	6	7
1	10	7	9,5	8	10	6	3,5
2	4	7	2,5	8	5,5	2	7,5
3	1	2,5	6,5	3	5,5	9,5	9,5
4	4	7	2,5	8	1,5	6	3,5
5	8	2,5	6,5	3	9	9,5	3,5
6	4	10	2,5	3	5,5	6	3,5
7	8	7	9,5	8	1,5	2	3,5
8	8	2,5	2,5	3	5,5	6	7,5
9	4	7	6,5	8	5,5	2	3,5
10	4	2,5	6,5	3	5,5	6	9,5

После присвоения рангов значениям был проведен тест на определение согласованности мнений экспертов – определение коэффициента конкордации Кендалла. При значении его выше 0,5 мнения экспертов считаются согласованными.

В сводной таблице проведенного теста (таблица 5) так же представлены результаты значения критерия Фридмана. Данный критерий показывает уровень достоверности различий.

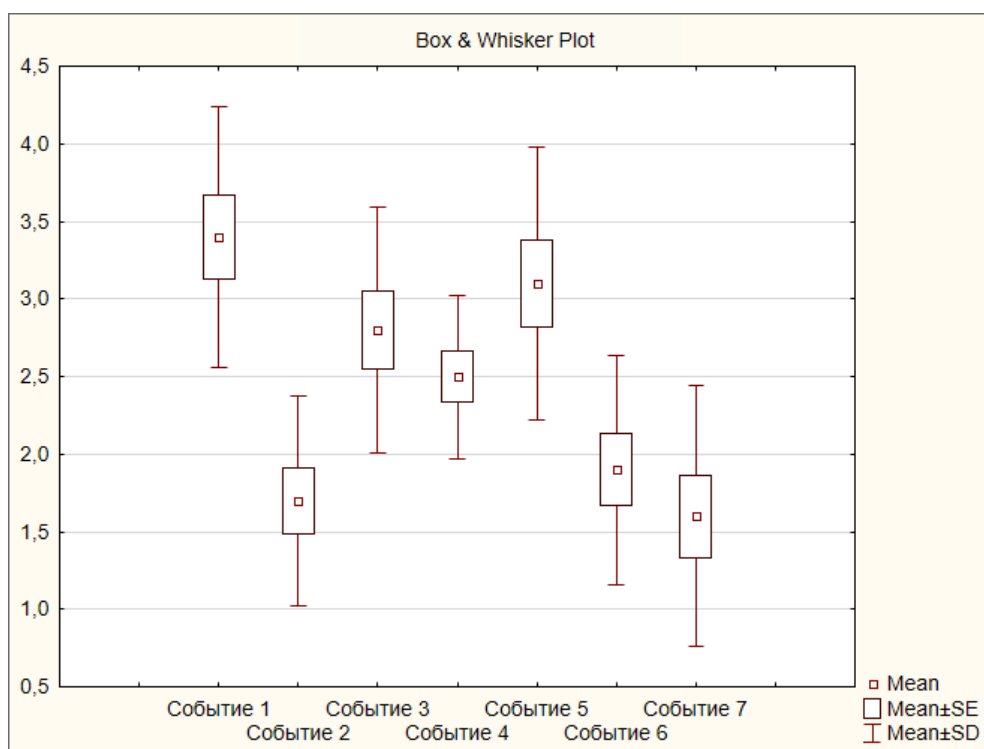
*Таблица 6 - Результаты анализа согласованности мнений экспертов и критерия Фридмана.*

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (Spreadsheet7_(Recovered)) ANOVA Chi Sqr. (N = 10, df = 6) = 36,22407 p = ,00000 Coeff. of Concordance = ,60373 Aver. rank r = ,55970				
	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее	Ст. отклонение
Событие 1	5,850000	58,50000	3,400000	0,843274
Событие 2	2,600000	26,50000	1,700000	0,674948
Событие 3	4,550000	45,50000	2,800000	0,788810
Событие 4	4,100000	41,00000	2,500000	0,527046
Событие 5	5,400000	54,50000	3,100000	0,527046
Событие 6	2,900000	29,00000	1,900000	0,737864
Событие 7	2,550000	25,00000	1,600000	0,843274

По результатам теста мы получили значения критерия Фридмана, что свидетельствует о средних значениях различий между мнениями экспертов. А поскольку коэффициент конкордации Кендалла составил более 0,53 – мнения экспертов можно считать согласованными.

Для наглядности представления результатов анализа опроса экспертов было построено графическое изображение (Рис. 11) факторов, приводящих к ЧС, где вероятности определялись из среднего значения результатов опроса.

По представленным данным можно видеть, что наибольшая вероятность у события 1 – взрыв газосепаратора вследствие нарушения технологического процесса ГКИ. Далее по величине вероятности стоит событие 5 – взрыв газосепаратора вследствие дефектов фланцевых соединений. Далее событие 3 – Взрыв газосепаратора в результате ошибки ВИК (при наличии трещин, вмятин, дефектов и гидратов).



**Рис. 11 – График вероятностей влияния факторов на взрыв газосепаратора**

Для устранения влияния опасных факторов на реализацию взрыва газосепаратора необходимо внедрение дополнительных технических и организационных мероприятий.

На данный момент в «ИЦ ГазИнформПласт» существует план организационных и технических мероприятий на 2020-2021 год, в который входят проверки оборудования, проведение экспертизы безопасности, диагностика, отбраковка поврежденной техники, обучение сотрудников и проверка их компетенций.

Поскольку наиболее вероятным фактором является нарушение технологического процесса, то необходимо усиление контроля за подбором персонала, проведение обучений для него и проверок знаний.

Для устранения влияния разгерметизации фланцевых соединений предлагается внедрение модернизированных уплотнителей. Критерии подбора уплотнителя следующие: [21]

- устойчив к выдавливающим нагрузкам;
- устойчив к перепадам давления;
- не деформироваться при изменениях температуры;
- заполнить все пространство поверхности фланца, справляться с наличием в нем дефектов.

В настоящий момент для защиты нефтегазового оборудование применяются анаэробные герметики. Это уплотнители нового поколения, образующие на поверхности фланца твердый полимер. Такие анаэробные гели обеспечивают абсолютную герметичность в срок на 15 лет. [22]

В качестве метода борьбы с абразивными частицами, деформирующими внутреннюю стенку сепаратора, забивание соединительных деталей, на многих месторождениях обеспечивается продувка скважин. Это мероприятие необходимо осуществлять непосредственно перед началом проведения газоконденсатных работ. [23]

Продувка скважины осуществляется при помощи компрессора, с использованием сжатого воздуха. Из компрессора воздух поступает в рабочую скважину при давлении в 15 атмосфер, непосредственно перед проведением исследований, тем самым снижая концентрацию примесей в ГКС.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Оценка риска последствий при реализации ЧС на площадке ГКИ

Последствия при взрыве газового сепаратора могут иметь различные масштабы и тяжесть последствий. Опираясь на результаты оценки риска «ИЦ ГазИнформПласт» (приложение 1) было построено дерево событий в случае реализации взрыва оборудования (рис. 12) и определено значение риска на основании матрицы «вероятность – тяжесть последствий» (Таблица 6).

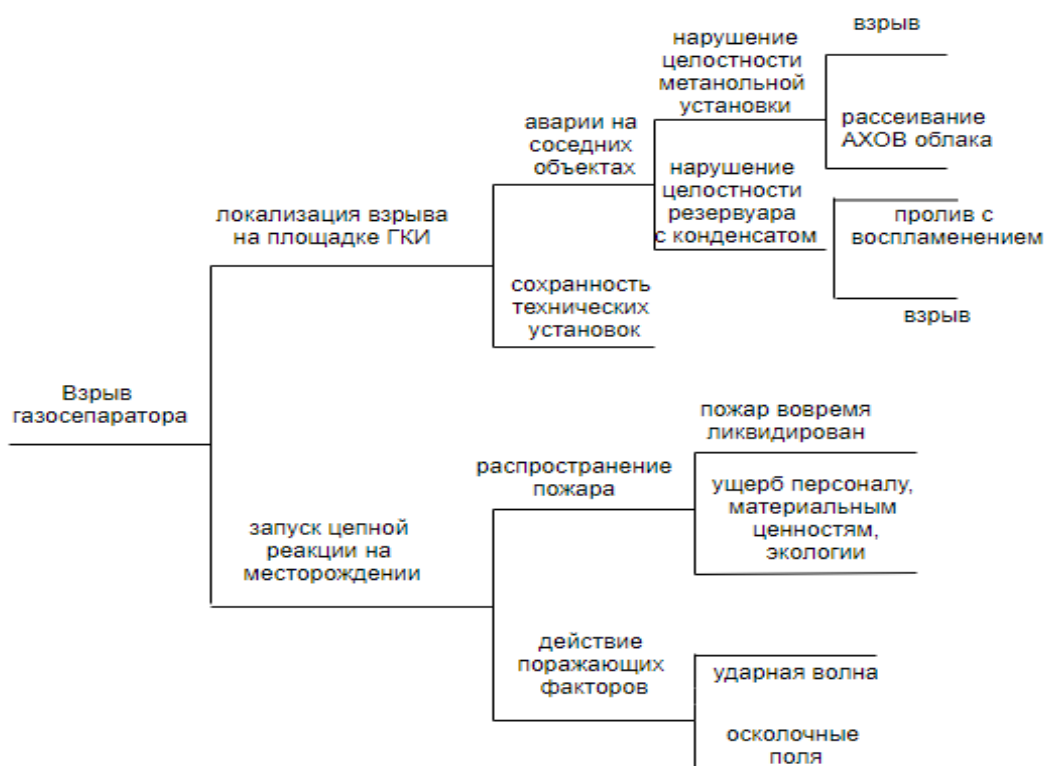






Рис. 12 – Дерево последствий взрыва газового сепаратора

Используя таблицу проведенной оценки риска «ИЦ ГазИнформПласт» за 2017 год (приложение 1) и дерева последствий (рис 12), определим тяжести последствий реализации взрыва газового сепаратора высокого давления.

Таблица 7 - Матрица значений риска на основе частот и тяжести последствий

Частота реализации событий, 1/год		Тяжесть последствий неисправностей			
		Незначительная	Легкая	Значительная	Крупная
Часто	Более 1				
Вероятно	$1 - 10^{-2}$				
Возможно	$10^{-2} - 10^{-4}$				
Редко	$10^{-4} - 10^{-6}$				
Практически невероятно	Более $10^{-6}$				

-  неприемлемый риск. Требуется более детальный, повторный анализ риска и/или требуются особые меры обеспечения безопасности;
-  приемлемый риск, требующий снижения, желателен более детальный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;
-  приемлемый риск, который желательно снизить, рекомендуется проведение принятия некоторых мер безопасности;
-  приемлемый риск, анализ и принятие дополнительных (к существующим) мер безопасности не требуется.

По результатам оценки риска в «ИЦ ГазИнформПласт» взрывы, нанесение ущерба жизни людей и материальным ценностям относится к категориям крупных и значительных последствий (приложение 1). Частота реализации по итогам экспертной оценки колеблется от возможно до практически невероятно. Это означает, что на данный момент значения риска на площадке ГКИ находятся в красной и желтой зонах – необходимо внедрение дополнительных мер безопасности для снижения значений риска.

На основе значений риска разрабатываются мероприятия по повышению безопасности объекта, с учетом специфики месторождения, используемого оборудования и методов проведения исследований. Учитывается так же экономическая обоснованность внедряемых мероприятий и их эффективная значимость.

При реализации взрыва газового сепаратора велика вероятность повреждения смежного оборудования на площадке проведения



исследований, поскольку расстояния между установками небольшие. К таким объектам относятся метанольная установка и резервуар с конденсатом. Ударная волна и разлетающиеся части оборудования способны повредить герметичность, что в свою очередь может спровоцировать цепь аварий на данном объекте.

Для снижения негативных последствий (рис. 12) на площадке проведения исследований предлагается замена метанола, используемого как ингибитор гидратообразования, на более безопасное вещество.

Опираясь на новейшие исследования в области механизмов гидратообразования и борьбы с ними, можно предложить использование кинетических ингибиторов (КИГ). В отличие от ингибиторов термического типа, КИГ являются более экономичными, эффективными и экологическими. [24]

В последние несколько лет на месторождениях Крайнего Севера было проведено большое количество исследований по борьбе с гидратообразованием. ЗАО «Опытный завод Нефтехим» разработал новое поколение ингибиторов кинетического типа СОНГИД. Есть множество вариаций данной разработки, однако применение в промышленности получил СОНГИД 1801А – водорастворимый полимер, структура которого представлена атомами азота и кислорода. [25]

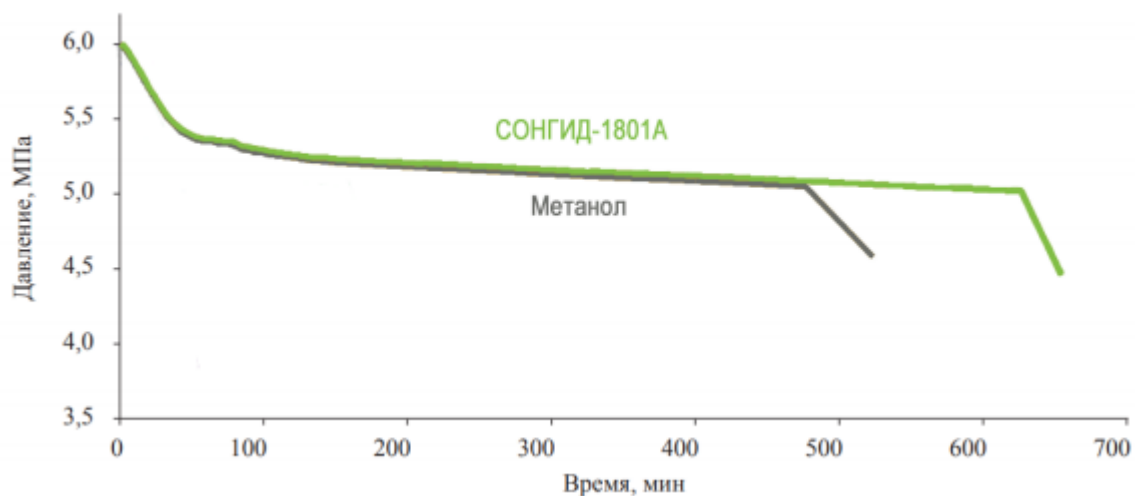
Целесообразность замены ингибитора обусловлена высокими результатами прохождения следующих тестов:

- тест на коррозионную агрессивность;
- влияние реагента на фильтрационно-емкостные свойства пласта;
- тест на совместимость ингибитора с пластовыми водами и ГКС. [26]

Помимо этого, в составе данного вещества не содержится метанола, как в других сериях СОНГИД, что делает его безопасным в эксплуатации.

В сравнительной характеристике кинетических и термических ингибиторов были получены достаточно близкие значения эффективности,

однако СОНГИД 1081А способен сохранять производительность в течении большего времени.



**Рис. 13 – Результаты сравнительной оценки эффективности ингибиторов от времени начала гидратообразования, с температурой  $-4^{\circ}\text{C}$**

Результаты исследований, проведенные «ОЗ Нефтехим» отражают экономическую выгоду использования кинетического ингибитора, поскольку для предотвращения кристаллогидратов, концентрация СОНГИД 1080А должна составлять от 1-го до 2-х процентов. Для достижения аналогичных показателей, концентрация метанола должна быть в 32 раза выше, следовательно, расход гораздо интенсивнее.

При средних рыночных ценах на метанол и СОНГИД 1081А (20 и 25 тысяч руб/т соответственно), очевидна выгода в пользу кинетического ингибитора, учитывая меньший расход и большую производительность.

В настоящий момент кинетические ингибиторы от «ОЗ Нефтехим» успешно применяются на Ванкорском месторождении, где затраты на предотвращение образований кристаллогидратов сократилось с 197000 до 172000 рублей за скважину, за счет за счет низких дозировок реагента.

Таким образом, мероприятие по повышению безопасности проведения ГКИ, путем замены метанола, позволит снизить значения риска до приемлемого значения (зеленая и синяя зона), а также получить предприятию экономическую выгоду.

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Нефтегазовые сепараторы являются неотъемлемой частью производственного процесса на объектах нефтегазодобычи. Они используются при проведении работ по освоению и разработке скважин, при оценке запасов залежей и для сбора продукта в лабораторию газоконденсатных исследований.

Сепараторы разделяются по видам (стационарные, передвижные), расположению (вертикальные, горизонтальные), габаритам (большие, малые) и каждый вид сепаратора выбирается исходя из установленных запросов нефтегазовой компании.

Внедрение на объект того или иного вида нефтегазового сепаратора является гарантией успешной оценки параметров газа и его конденсата, а также долгой, безаварийной работы.

От вида выбранного сепаратора так же зависит процедура оценки рисков, которая позволит выявить наиболее вероятные опасные сценарии и разработать мероприятия для снижения воздействия опасных факторов.

#### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Для качественной оценки сравнительной эффективности разработки и определения путей ее повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений.

В качестве критериев сравнения выбирается перечень технических и экономических особенностей разработки, ее создания и эксплуатации. особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Для анализа альтернативных методов оценки рисков была выбрана оценочная карта. Для оценки конкурентных методов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

1 – наиболее слабая позиция;

2 – ниже среднего, слабая позиция;

3 – средняя позиция;

4 – выше среднего, сильная позиция;

5 – наиболее сильная позиция.

Передвижной комплекс для исследования скважин, без выпуска газа в атмосферу –  $C_k$ ,

Сепаратор стационарный вертикальный с факелом -  $C_\phi$ .

Таблица 8 - Матрица значений риска на основе частот и тяжести последствий

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$C_k$	$C_\phi$	$C_k$	$C_\phi$
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность сепаратора	0,2	5	5	1	1
2. Производимые выбросы загрязняющих веществ	0,15	5	3	0,75	0,45
3. Мобильность, возможность перемещения по месторождению	0,1	5	2	0,5	0,2
4. Необходимость проведения дополнительных исследований	0,1	5	5	0,5	0,5
5.Высокотехнологичный пункт обработки	0,15	4	5	0,6	0,76

информации					
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Новизна оборудования	0,07	5	3	0,35	0,21
2. Цена	0,1	4	4	0,4	0,4
3. Эксплуатационные затраты	0,13	4	3	0,52	0,39
Итого	1			4,62	3,91

Основываясь на полученных данных из таблицы можно сделать вывод, что использование комплекса для исследования скважин без сжигания наиболее эффективно и целесообразным при проведении газоконденсатных исследований скважин. Хотя стационарные сепараторы находят большое применение, но ввиду повышения объемов продукта, они становятся более неудобными, а также негативное влияние на атмосферу выше.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

Для успешного внедрения мероприятий по повышению безопасности на площадке газоконденсатных исследований необходимо учитывать сильные и слабые стороны используемого мобильного комплекса для проведения ГКИ.

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 9 - Первый этап SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. На объекте исследования еще не происходило аварий при эксплуатации оборудования С2. Минимальное воздействие на атмосферу С3. Получение точных	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Большое скопление газового конденсата, что создает условия реализации ЧС Сл2. Эксплуатация данного оборудования только на отдельных месторождениях
--	--	--

	результатов замеров дебитов газа сепарации и насыщенной жидкости на режимах исследования С4 Использование оборудования при различных концентрациях конденсата С5 Управление процессом из операторной	
<b>Возможности:</b> В1. Хорошая репутация среди крупных заказчиков проведения ГКИ В2. Наличие стабильного рынка сбыта В3 Повсеместное снижение аварийности при ГКИ на нефтегазовых объектах		
<b>Угрозы:</b> У1. Появление на рынке новых высокоэффективных сепараторов У2. Закрытие месторождения У3. Природные катастрофы		

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 3, 4, 5, 6.

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	-
	В2	+	0	+	+	0
	В3	+	-	0	0	+

Таблица 11 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	В1	-	-

	B2	-	+
	B3	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	0	+	+	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	-	-
	У2	-	+
	У3	-	-

В таблице 13 составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 14 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>C1. На объекте исследования еще не происходило аварий при эксплуатации оборудования</p> <p>C2. Минимальное воздействие на атмосферу</p> <p>C3. Получение точных результатов замеров дебитов газа сепарации и насыщенной жидкости на режимах исследования</p> <p>C4. Использование оборудования при различных концентрациях конденсата</p> <p>C5. Управление процессом</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Большое скопление газового конденсата, что создает условия реализации ЧС</p> <p>Сл2. Эксплуатация данного оборудования только на отдельных месторождениях</p>
--	---	---

	из операторной	
<b>Возможности:</b> В1. Хорошая репутация среди крупных заказчиков проведения ГКИ В2. Наличие стабильного рынка сбыта В3. Повсеместное снижение аварийности при ГКИ на нефтегазовых объектах	Отсутствие аварий прежде на объекте, экологичность оборудования и высокоточные результаты повысит конкурентоспособность данных видов сепараторов и обрести стабильный рынок сбыта.	При проведении мероприятий на снижения вероятности возникновения ЧС возникнет снижение аварийности, а так же повсеместное применение технологии.
<b>Угрозы:</b> У1. Появление на рынке новых высокоэффективных сепараторов У2. Закрытие месторождения У3. Природные катастрофы	При условии высокого качества проводимых изделий место на рынке сохранится за данным комплексом, его мобильность позволяет сменять локацию при закрытии месторождений.	В связи с риском аварийности и локальной эксплуатацией есть вероятность у заказчиков смены предпочтений в оборудовании.

## 4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 15 – Морфологическая матрица для ингибиторов гидратообразования при эксплуатации мобильного комплекса сепараторов

	1	2	3
А. Ингибитор	Метанол	СОНГИД-1801А	Поли-Н-винилпирролидон
Б. Температура, °С	10	10	10
В. Давление, МПа	5,61	5,52	5,54
Г. Длительность, мин	2400 (гидратов нет)	2400 (гидратов нет)	2107 (гидраты есть)

Результаты данной таблицы показывают возможность использования нового ингибитора гидратообразования СОНГИД-1801А вместо метанола, что позволит снизить вероятность возникновения аварий при проведении газоконденсатных исследований.

## 4.3 Планирование научно-исследовательских работ



### 4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. В таблице 15 приведен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и распределение исполнителей по видам.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	3	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4	Анализ данных, полученных с практики	Студент
	5	Подбор и изучение литературы по теме ВКР	Студент
Теоретические исследования	6	Проведение непосредственной оценки риска возникновения аварии	Студент
Практические исследования	7	Разработка мероприятий по снижению рисков реализации ЧС	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Работа над выводами по проекту	Студент
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, студент
Оформление комплекта документации по ВКР	11	Оформление готовой ВКР	Студент

### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (2)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$  – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\text{min}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$  – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$  – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В таблице 16 представлены результаты расчетов.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длитель ность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длитель ность работ в календа рных днях $T_{ki}$	
	$t_{min},$ чел- дни		$t_{max},$ чел- дни		$t_{ожи},$ чел- дни				Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2						
Составление и утверждение технического задания	1	1	2	3	1,4	1,8	Научный руководит ель	-	1	2	1	2
Выбор направлений исследований	2	2	3	3	2,4	2,4	Научный руководите ль	Студент	2	2	3	3
Календарное планирование работ по теме	1	2	4	4	2,2	2,8	-	Студент	2	3	3	4
Анализ данных, полученных с практики	4	4	7	7	5,2	5,2	-	Студент	5	5	7	7
Подбор и изучение литературы по теме ВКР	5	5	7	7	5,8	5,8	-	Студент	6	6	9	9
Проведение непосредственной оценки риска возникновения аварии	6	7	10	10	7,6	8,2	-	Студент	8	8	12	12

Разработка мероприятий по снижению рисков реализации ЧС	6	5	7	8	6,4	6,2		Студент	6	6	9	9
Работа над выводами по проекту	7	6	9	8	7,8	6,8		Студент	8	7	12	10
Оценка эффективности полученных результатов	5	7	9	10	6,6	8,2	Научный руководитель	Студент	7	8	11	12
Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	8	9	6,2	6,6	Научный руководитель, студент	Студент	7	6	10	9
Оформление готовой ВКР	14	14	17	20	15,2	16,4		Студент	15	16	23	24

#### 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Проведения научных работ, можно наиболее наглядным и удобным способом представить в виде построения ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (4):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю на 2021 год количество выходных составило 88, праздничных 34.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 88 - 34} = 1,5$$

На основе таблицы 10 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Результаты календарного план-графика проведения НИОКР представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Календарный план-график по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность работ									
				март			апрель			май			июнь
				1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-30	10
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1										
2	Выбор направления исследований	Студент	3										
3	Календарное планирование работ по теме	Студент	4										
4	Анализ данных, полученных с практики	Студент	7										
5	Подбор и изучение литературы по теме ВКР	Студент	9										
6	Проведение непосредственной оценки риска возникновения аварии	Студент	12										
7	Разработка мероприятий по снижению рисков реализации ЧС	Студент, научный руководитель	9										
8	Работа над выводами по проекту	Студент	10										
9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	12										
10	Определение целесообразности проведения ВКР	Студент, научный руководитель	9										
11	Оформление готовой ВКР	Студент	24										

 – студент  – научный руководитель

#### 4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на основное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (1)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, используемых для научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при научном исследовании (шт. кг, м, м<sup>2</sup>);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результат материальных затрат представлен в таблице 12.

В таблице 19 представлены материальные затраты данного НТИ.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), тыс руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Бумага	шт	250	100	2	2	500	200
Шариковая ручка	шт	2	1	20	20	40	20
Карандаш	шт	1	1	10	10	10	10
Картридж	шт	1	1	700	700	800	700
Тетрадь	шт	1	1	50	40	40	40
Итого:						1400	1090

#### 4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату для руководителя проекта/научного руководителя и дополнительную заработную плату. Оклад при должности доцента в ТПУ с ученой степенью кандидата наук составила 34000 рублей (без учета РК). Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 % от тарифа или оклада:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (7)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от  $З_{осн}$ ).



Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) научного руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала, раб.дн.

В таблице 20 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

*Таблица 20 – Баланс рабочего времени*

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Бакалавр</b>
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
выходные дни	88	88
праздничные дни	34	34
Потери рабочего времени:		
отпуск	24	24
невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд	219	219

рабочего времени		
------------------	--	--

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = (З_{\text{тс}} + (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

где  $З_{\text{тс}}$  – зарплатная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от  $З_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, для Томска равный 1,3.

В таблице 21 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Категория	$З_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ , руб.	$З_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель								
ППСЗ	34000	0,35	0,3	1,3	44202,245	2104,86	21	44202,245
Бакалавр								
ППС1	1800	-	-	1,3	2340	86	99	8514
Итого:								52716,245

В таблице 22 представлена общая заработная исполнителей работы.

Таблица 22 - Общая заработная

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$ , руб.	$З_{\text{доп}}$ , руб.	$З_{\text{зн}}$ , руб.
Руководитель	44202,245	5304	49506,245
Бакалавр	8514	1022	9536

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \times 44202,245 = 5304$$

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \times 8514 = 1022$$

#### 4.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле (12):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (12)$$

где  $k_{внеб}$ —коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2021 г. В соответствии с Федеральным законом от №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2021 году водится пониженная ставка – 28 %.

В таблице 23 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

*Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды*

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	44202,245	5304
Бакалавр	8514	1022
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28	
Итого:	15633	

#### **4.4.4 Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (13)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{нр}$  допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 12172 руб.

#### 4.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В таблице 24 приведено определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп 1, 2
1. Материальные затраты НТИ	1400	1090	Таблица 19
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	52716,245	52716,245	Таблица 21
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6326	6326	Таблица 22
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15633	15633	Таблица 23
6. Накладные расходы	12172	12172	16 % от суммы ст. 1-5

Из таблицы 24 видно, что основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

### 5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с

определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

где  $I_{ri}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта разработки мероприятий по повышению безопасности;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки; устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1.Соответствует критериям безопасности ОПО	0,25	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4
3. Надежность	0,15	5	4

4. Экологичность	0,25	4	4
5. Производительность	0,20	5	5
ИТОГО	1	4,6	4,0

В таблице 26 представлена сравнительная эффективность разработки.

*Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки*

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,0
3	Интегральный показатель эффективности	4,60	4,12
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89

Раздел финансового менеджмента позволил произвести оценку эффективности технологий, рассматриваемых в проекте. На основании полученных результатов из данного раздела будут разработаны мероприятия по повышению безопасности и обеспечению безаварийной процедуры исследований скважин.

Из сравнительного анализа интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод о том, что предпочтительней по технической задаче, с позиции финансовой и ресурсной эффективности, является именно мобильный комплекс сепараторов ИЦ «ГазИнформПласт». Использование данного вида сепаратора с условием замены ингибитора гидратообразования на СОНГИД 1081А обеспечит безопасное проведение газоконденсатных работ.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

В данной работе рассматривается офис «ИЦ ГазИнформПласт». Все работы выполнялись с использования компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

### 5.1. Производственная безопасность

#### 5.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 27 и 28

Таблица 27 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.1

Таблица 28 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Температура в теплый период года 23-25°С, в холодный период года 19-23°С, относительная влажность воздуха 40-60%, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Общая площадь рабочего помещения составляет 42 м<sup>2</sup>, объем составляет 147 м<sup>3</sup>. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5м<sup>2</sup> и 20м<sup>3</sup> объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м<sup>3</sup>. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м<sup>3</sup>, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в теплое время года – за счет



кондиционирования, с параметрами согласно. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям.

### **5.1.2. Превышение уровней шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы и. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);

применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

средства индивидуальной защиты;

применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

### **5.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской,

ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

до 10 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы (8 часов);

от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы не более 2 часов;

от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

защита временем;

защита расстоянием;

снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

экранирование источника;

защита рабочего места от излучения;

Средства индивидуальной защиты:

Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ).

#### **5.1.4. Поражение электрическим током**

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении среднего количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования.

Кабинет относится к помещению с без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:  $I < 0,1 \text{ А}$ ;  $U < (2-36) \text{ В}$ ;  $R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$ . В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

Заземление электрооборудования;

Электрическое разделение (с помощью трансформаторов) электрических цепей;

Б) Средства индивидуальной защиты:

Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

### **5.1.5 Пожарная опасность**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 офис относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНИП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под

напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

автоматические сигнализаторы (типа СВК-З М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений до взрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 1, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



Рис. 14 – План эвакуации помещения «ИЦ ГазИнформПласт»

## 5.2 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);

- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

Стадия утилизации, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.



### 5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения.

В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В лаборатории ИОА СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их

местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аварии на газоконденсатных месторождениях являются серьезной проблемой всего нефтегазового комплекса РФ. Проведение газоконденсатных исследований скважин – неотъемлемый процесс добывающей промышленности, однако, при эксплуатации газовых сепараторов есть вероятность возникновения различных аварий. Результатом данной работы является оценка риска возникновения аварий при проведении газоконденсатных исследований на эксплуатируемых объектах «ИЦ ГазИнформПласт».

Был проведен анализ технологии ГКИ с использованием передвижного комплекса исследований и освоения скважин, состоящего из большой и малой сепарационной установки, а также анализ всех возможных ЧС, с несколькими сценариями развития. Для дальнейшей оценки риска был выбран сценарий с наиболее ущербным вариантом развития – взрывом газосепаратора. На основании проведенного анализа опасностей было предложено дерево неисправностей для сценария взрыва газосепаратора.

На основании сформированного дерева были составлены опросные листы и проведено анкетирование 10 экспертов. Результаты опроса обрабатывались в программе STATISTICA, каждому значению был присвоен ранг по степени влияния на вероятность возникновения аварии. Коэффициент конкордации Кендалла составил 0,6, что говорит о согласованности мнений экспертов. Наиболее вероятными оказались такие факторы, как: нарушение технологического процесса ГКИ, ошибки ВИК (при наличии трещин, вмятин, дефектов и гидратов), дефекты фланцевых соединений.

По результатам экспертной оценки и дерева последствий уровень риска оказался в красной и желтой зонах, что означает неприемлемый риск. Данные показатели требуют внедрения мероприятий по повышению безопасности объекта.

Для уменьшения влияния факторов на реализацию взрыва предложены технические мероприятия: повышение герметизации фланцевых соединений и

внедрение процедуры продувки скважины перед проведением исследований. Это позволит снизить вероятность разгерметизации, приводящей к взрыву сепаратора, а также уменьшить механическое воздействие абразивных частиц на внутренние детали и соединения сепаратора.

Для уменьшения масштабов последствий аварии было предложено дополнительное мероприятие – замена метанола на более безопасный кинетический ингибитор СОНГИД 1081А. Данный кинетический ингибитор является наиболее эффективным аналогом метанола. Преимуществом СОНГИД 1081А является экономичный расход, безопасность использования и средняя рыночная стоимость.

Данные мероприятия позволят уменьшить уровень риска до приемлемого и сделать процесс проведения газоконденсатных исследований безопаснее.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косков, Н. В. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС/ Н. В. Косков, Б. В. Косков, – Пермский государственный технический университет, -2007.
2. Новости Тюмени: сайт. – Тюмень. URL: [Вероятной причиной взрыва в поселке Ямбург стал разряд статического электричества при замере количества газа \(vsluh.ru\)](http://vsluh.ru) (дата обращения 15.04.2021). – Текст: электронный.
3. Интернет издание «Знак»: сайт. – Екатеринбург. URL: [В ХМАО на реке Обь в результате утечки газа — большой пожар. Что известно к этому часу \(znak.com\)](http://znak.com) (дата обращения 15.04.2021). – Текст: электронный.
4. Интернет газета «Вести.ру»: сайт . – Москва. URL: [Взрыв на уральском заводе мог произойти из-за скопления паров газа \(vesti.ru\)](http://vesti.ru) (дата обращения 15.04.2021). – Текст: электронный.
5. Саитгареев, А.Р. Некоторые пути решения проблемы повышения безопасности и качества проведения полевых геофизических и гидродинамических исследований скважин / А.Р. Саитгареев, Г.А. Зорин // Сборник материалов III Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова». – 2018 г. – 408-414 с.
6. Требования к проведению гидродинамических и газоконденсатных исследований пластов в поисково-оценочных и разведочных скважинах на лицензионных участках ООО «Кынско-Часельское нефтегаз». – Тюмень. – 2019 г. – Текст: непосредственный.
7. НПО Спецнефтемаш. Виды нефтегазовых сепараторов: официальный сайт. – Москва. URL: <https://snmash.ru/articles/222-vidy-separatorov-nefti-i-gaza.html> (дата обращения 20.04.2021). – Текст: электронный.
8. Молчанов В. П. Риски чрезвычайных ситуаций в арктической зоне российской федерации: монография/ В.П. Молчанов, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. – Москва, 2011. – 300 с. – Текст: электронный// eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17085718>

9. Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (руководство по безопасности): утверждены приказом №784, Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2012-12-27. – URL: [Руководство по безопасности "Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов" - docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru). – Текст: электронный.

10. ООО «Ойлтим». Оборудование: официальный сайт. – Томск. URL: <http://www.oilteam.ru/production-products>. (дата обращения 23.04.2021). – Текст: электронный.

11. Синайский, Э.Г. Сепарация многофазных многокомпонентных систем / Э.Г. Синайский, Е.Я. Лапига, Ю.В. Зайцев. – Москва: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 621 с.

12. Минигулов, Р.М. Предупреждение гидратообразования в системах сбора и промысловой подготовки газа Заполярного месторождения / Р.М. Минигулов, И.В. Лебенкова, А.П. Баскаков, В.А. Истомин, В.Г. Квон // Газовая промышленность. Газовые гидраты – Москва: ООО «АКАДЕМНАУКА», 2016. – № 2. – С. 62-64

13. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 1.05.2021). – Текст: электронный.

14. Капитонова, Т. А., Анализ статистики аварий и отказов магистрального газопровода мастах - берге - якутск / Т. А. Капитонова, Г. П. Стручкова, А. И. Левин. – Текст: электронный // Транспорт, хранение нефти и газа. – 2019 г. – №6. – 49-57 с. URL: [АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ АВАРИЙ И ОТКАЗОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА МАСТАХ - БЕРГЕ - ЯКУТСК \(elibrary.ru\)](http://elibrary.ru) (дата обращения 3.05.2021)

15. ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей: дата введения 2009-12-15. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200081358> (дата обращения 5.05.2021). – Текст: электронный.

16. Газоконденсатные исследования эксплуатационных скважин без выпуска газа в атмосферу (с возвратом скважинной продукции в нефтегазосборный коллектор) [Электронный ресурс]: [https://mnpgeodata.ru/gazokondiensatnyie\\_issliedovaniia\\_skvazhin\\_biez\\_vypuska\\_ghaz\\_a\\_v\\_atmosfieru\\_s\\_vozvratom\\_skvazhinnoi\\_produktsii\\_v\\_nieftieghazosbornyi\\_kolliekto\\_r](https://mnpgeodata.ru/gazokondiensatnyie_issliedovaniia_skvazhin_biez_vypuska_ghaz_a_v_atmosfieru_s_vozvratom_skvazhinnoi_produktsii_v_nieftieghazosbornyi_kolliekto_r) (дата обращения 1.11.2020)

17. Углекислотная коррозия нефтегазопромыслового оборудования/ Моисеева, Л.С. – Текст: электронный// Защита металлов. – Москва. – 2005. – с.: 82-90. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9140996>

18. Энциклопедия по машиностроению XXL. Кавитационные повреждения. URL: <https://mash-xxl.info/info/613805> (дата обращения 7.05.2021). – Текст: электронный

19. Булат, А.В. Особенности работы скважинных сепараторов механических примесей в составе скважинных штанговых насосных установок / А.В. Булат, А.В. Деговцов, В.Н. Ивановский, В.Н. Ивановский. – Текст: электронный// РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Территория нефтегаз. – 2018. – с. 42-52. URL:

<http://www.neftegas.info/upload/iblock/53e/53ed52a66a21139fef00207d08948d61.pdf>

20. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска: дата введения: 2020-01-03. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170253> (дата обращения 8.05.2021). – Текст: электронный.

21. НИИ полимеров. Уплотнители фланцев: официальный сайт. – Москва. URL: <http://www.nicpr.ru/ru/65/68/468/471/> (дата обращения 9.05.2021). – Текст: электронный.

22. Патент № RU 169119 U1 Российская Федерация, МПК F16L 23/02. Сверхвысоковакуумное уплотнительное соединение: №2016141972: заявл. 26.10.2016; опубл. 03.03.2017/ Вязовецков В. В., Вязовецкова А. Е.

23. Чернова, В. В. Эффективность применения циклической продувки газоконденсатных скважин на месторождениях большого Уренгоя/ Чернова В.В., Вержбицкий В.В., Маслюков Р.С. – Текст: электронный// Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Северо-Кавказского федерального округа. – Ставрополь. – 2018. – с: 267-271.

24. Фаресов, А.В. Исследование эффективности ингибиторов гидратообразования кинетического типа/ А. В. Фаресов, А. И. Пономарев. – Текст: электронный// Нефтегазовое дело. – 2013, – №4. –с: 86-95. URL: [http://ngdelo.ru/files/old\\_ngdelo/2013/4/ngdelo-4-2013-p86-95.pdf](http://ngdelo.ru/files/old_ngdelo/2013/4/ngdelo-4-2013-p86-95.pdf)

25. Фаресов, А.В. Опытнo-промышленные испытания ингибитора гидратообразования низкой дозировки «Сонгид-1801А» на месторождениях Западной Сибири/ А. В. Фаресов, А. И. Пономарев. – Текст: электронный// Вести газовой науки – 2018, – №1. –с: 258-264. URL: <http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/vgn-1-33-2018-258-264.pdf>

26. Квеско, Н. Г. Инигибиторная защита оборудования от гидратообразования на газовых месторождениях Восточной Сибири/ Н. Г. Квеско, Б. Б. Квеско. – Текст: электронный// Евразийский союз ученых. – 2015. – №8-4. – с: 94-97.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Опасности (ОПФ/ВПФ)	Возможные опасные события	Тяжесть	Вероятность риска	Степень риска	Меры контроля риска	Ответственные лица	Фактическое выполнение (да/нет)	Остаточный риск
Эррозийно-коррозийный износ металла	Разгерметизация, возгорание, взрыв, обрушение	Крупная	Редкая	Средний	Внутренний и внешний осмотр 1 раз в 2 года; Гидравлические испытания; Дефектоскопия.	Начальник участка Мастер по исследованию скважин	Да	Малый
Разлетающиеся части оборудования, предметов и материалов	Травма любых частей тела, головы	Крупная	Возможная	Высокий	Гидравлические испытания; Внешний осмотр; Обеспечение сотрудников СИЗ.	Начальник участка	Да	Малый
Частичная (свищ)/полная разгерметизация сепаратора	Пожар, взрыв, травмы	Крупная	Редкая	средний	Гидравлические испытания; Дефектоскопия. Обеспечение средствами пожаротушения	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый
Низкая температура поверхностей	Обморожение поверхностей кожи	Легкая	Возможная	Малый	Обеспечение сотрудников СИЗ. Увеличение времени обогрева; Обеспечение доп. СИЗ.	Начальник участка	Да	Допустимый
Незакрепленные машины, механизмы, оборудования	Опрокидывание на персонал, травмы	Значительная	Возможная	Средний	Постоянный внешний осмотр; Обеспечение сотрудников СИЗ; Ограждение оборудования.	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый
Предметы на высоте	Падение предметов на персонал и оборудование	Значительная	Редкая	Малый	Внешний осмотр; Установка оградительных знаков; Обеспечение сотрудников СИЗ.	Начальник участка	Да	Малый
Ровные, скользкие и неровные поверхности	Падение, травма	Легкая	Возможная	Малый	Обеспечение сотрудников СИЗ.	Мастер по исследованию скважин	Да	Допустимый
Недостаточная, чрезмерная освещенность	Утомление, снижение качества зрения	Легкая	Редкая	Малый	Дополнительные источники освещенности; Соблюдение режима работы-отдыха.	Начальник участка	Да	Допустимый
Неудобное (высоко, низко) расположение	Утомление, проф заболевания	Незначительная	возможная	Малый	Сокращение выполнения работ; Сменное выполнение работ	Мастер по исследованию скважин	Да	Допустимый

предметов и оборудования, неудобные позы работы								
Повышенный шум внешний	Утомляемость	Легкая	Редкое	Малый	Обеспечение сотрудников дополнительными СИЗ.	Начальник участка	Да	Допустимый
Напряженность труда	Утомляемость, стресс	Легкая	Редкое	Малый	Соблюдение режима работы-отдыха.	Мастер по исследованию скважин	Да	Допустимый
Подъем предметов и инструментов	Травмы опорно-двигательной системы	Легкая	Возможное	Малый	Поднятие предметов допустимого веса; Обеспечение сотрудников СИЗ.	Начальник участка	Да	Допустимый
Толкание предметов и инструментов	Травмы опорно-двигательной системы	Легкая	Возможное	Малый	Соблюдение ТБ при проведении работ.	Мастер по исследованию скважин	Да	Допустимый
Опускание предметов и инструментов	Травмы опорно-двигательной системы	Легкая	Возможное	Малый	Соблюдение ТБ при проведении работ; Поднятие предметов допустимого веса; Обеспечение сотрудников СИЗ	Начальник участка	Да	Допустимый
Применение ручного инструмента	Падение инструмента на ноги, травмы	Легкая	Возможное	Малый	Соблюдение ТБ при проведении работ; Обеспечение сотрудников СИЗ	Мастер по исследованию скважин	Да	Допустимый
Оборудование и установки под давлением газовой смеси, жидкости	Разгерметизация, пожар, взрыв, травмы, ожоги	Крупная	Редкое	Среднее	Внешний осмотр; Обеспечение пожарным щитом;	Начальник участка	Да	Малый
Жидкие и горючие опасные химические вещества	Поражение слизистых, отравление	Значительная	Редкое	Малый	Соблюдение ТБ при эксплуатации взрывчатых веществ; Обеспечение сотрудников СИЗ	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый
Неблагоприятные метеороусловия (повышенная влажность, сильный ветер, молния, дождь, снег)	Обрушение оборудования, травмы	Легкая	Редкое	Малый	Эксплуатация оборудования согласно погодным условиям; Соблюдение требованиям ОТ.	Начальник участка	Да	Допустимый
Пары опасных химических веществ	Поражение органов дыхания,	Значительная	Редкое	Малый	Обеспечение сотрудников СИЗ; Обучение сотрудников оказанию первой доврачебной помощи.	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый

	отравление							
Алкоголь, наркотики		Значительная	Редкое	Малый	Осмотр личных вещей на наличие веществ.	Начальник участка	Да	Малый
Низкая квалификация персонала	Ошибочные действия	Значительная	Редкое	Малый	Увеличение часов обучения и стажировок.	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый
Неправомерные действия третьих лиц	Взрывы, пожары, травмы	Значительная	Редкое	Малый	Соблюдение ТБ; Оповещение мгновенное высшего руководства.	Начальник участка	Да	Малый
Статическое напряжение	Взрывы, пожары, травмы	Значительная	Возможное	Среднее	Соблюдение требований инструкции ПИ 25-16; Контрольный замер ГВС; Отбор проб воды в заземленные емкости, выведенные на 3 метра на пределы оборудования.	Мастер по исследованию скважин	Да	Малый